

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2009

Roman Bogocz

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

**Proudový chránič v soustavě
s neharmonickými proudy**

**Using of Ground Fault Protector for
Non-Harmonics Current Systems**

2009

Roman Bogocz

Zadání bakalářské práce

Student:

Roman Bogocz

Studijní program:

B2645 Elektrotechnika, sdělovací a výpočetní technika

Studijní obor:

2642R004 Elektrické stroje, přístroje a pohony

Téma:

Proudový chránič v soustavě s neharmonickými proudy
Using of Ground Fault Protector for Non-Harmonics Current Systems

Zásady pro vypracování:

1. Vysvětlíte princip a analyzujete funkci proudového chrániče v různých napěťových soustavách.
2. Navrhnete řešení s vyhodnocováním unikajícího proudu v soustavách s neharmonickými proudy.
3. Na fyzikálním modelu změřte a vyhodnoťte vlastnosti navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce

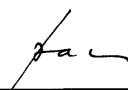
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Petr Chlebiš, CSc.**

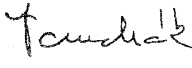
Datum zadání: 30.11.2008

Datum odevzdání: 07.05.2009





prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Orlové dne: 7. 5. 2009

.....
podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, panu prof. Ing. Petru Chlebišovi, CSc., za rady, konzultace a připomínky, které mi byly nápomocny při tvorbě této práce.

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se věnuje problematice aplikací proudových chráničů v soustavách s neharmonickými proudy. Pro ověření správné funkce byl v laboratorních podmínkách vytvořen zkušební obvod. Měření bylo prováděno v systému sítě IT. Cílem práce byla analýza nežádoucího vybavování proudových chráničů v uvedených systémech. Práce je rozdělena do tří částí. První část obsahuje základní informace o historii, konstrukci a funkci proudových chráničů a dále pak charakteristické vlastnosti systémů sítí. Druhá popisuje schéma zapojení a použité komponenty. V poslední části jsou shrnuty a vyhodnoceny výsledky měření včetně grafů. Závěr v neposlední řadě obsahuje upozornění na rizika při aplikacích chráničů.

Klíčová slova:

Proudový chránič, systém sítě, neharmonické proudy, vybavovací proud, pracovní a ochranný vodič

Abstract:

This bachelor thesis is focused on the problem of application of current protectors in systems with non-harmonic currents. In the laboratory conditions it was created test circuit to verify the proper functions. Measurements were carried out in the IT network. The aim of this work was analyzing of false residual current protectors in those systems. The work is divided into three parts. The first part contains fundamental information about the history, construction and function of current protectors and characteristics of the network. The second part describes the scheme and the involvement of the components. In the last part are summarized and evaluated the measurement results, including graphs. The result contains a notification of the risk in protectors application.

Key words:

Current protector, the network system, non-harmonic currents, residual current, zero (neutral) wire and protective wire

Seznam použitých symbolů a značek:

Symbol	Název	jednotka
I_F	poruchový proud	[A]
I_S	svodový proud	[A]
I_{Δ}	reziduální proud	[A]
R_A	odpor zemniče	[Ω]
R_B	odpor zemniče zdroje	[Ω]
$I_{L1,2,3}$	proud fázovým vodičem	[A]
I_N	proud nulovým vodičem	[A]
$I_{\Delta n}$	jmenovitý reziduální proud	[A]
U_L	dovolená mez trvalého dotykového napětí	[V]
I_d	poruchový proud	[A]
P	výkon	[W]
$f_{\text{spínací}}$	výstupní spínací frekvence	[Hz]
f_{VYST}	výstupní frekvence	[Hz]
R_{POT}	odpor potenciometru	[Ω]
Z_{SM}	impedance smyčky	[Ω]
U_C	dotykové napětí	[V]
$t_{I\Delta n}$	vypínací čas	[ms]

OBSAH:

Úvod	8
1 Princip a funkce proudového chrániče v různých napěťových soustavách	9
1.1 Historie proudového chrániče	9
1.2 Co je to proudový chránič	9
1.2.1 Obecný princip	9
1.2.2 Činnost a zapojení proudového chrániče	10
1.2.3 Konstrukční části proudových chráničů	12
1.2.4 Rozdělení proudových chráničů	13
1.3 Druhy systémů sítí	16
1.3.1 Systém sítě TN	16
1.3.2 Systém sítě TT	18
1.3.3 Systém sítě IT	18
1.4 Proudové chrániče v různých systémech sítí	19
1.4.1 Proudový chránič v TN	19
1.4.2 Proudový chránič v TT	19
1.4.3 Proudový chránič v IT	21
1.5 Speciální proudové chrániče	24
1.5.1 Provedení proudových chráničů firmy Moeller	24
2 Návrh řešení pro vyhodnocování unikajícího proudu v systémech s neharmonickými proudy	26
2.1 Popis zapojení	26
2.2 Schéma	28
3 Měření a vyhodnocení	29
3.1 Tabulky a grafy	29
3.1.1 První měření	29
3.1.2 Druhé měření	33
3.1.3 Třetí měření	41
3.2 Vyhodnocení výsledků měření	41
4 Závěr	42
Literatura a jiné zdroje	43
Seznam příloh	44

Úvod

Tématem této bakalářské práce je analýza funkce proudového chrániče v soustavě s neharmonickými proudy. Konkrétně se jedná o ověření četnosti nežádoucího vybavování proudového chrániče v systému sítě IT a následný návrh řešení omezující tyto jevy.

Teoretická část se věnuje základním poznatkům o proudových chráničích, jejich historii, typech a způsobech použití a v neposlední řadě také speciálními typy chráničů. Dále se zabývá vysvětlením principů různých systémů sítě a řešení problémů při aplikacích chráničů v těchto sítích.

Praktická část je rozdělena na dva oddíly. V prvním oddílu jsou vyspecifikovány všechny komponenty, které byly použity při měření a popis jejich vlastností a funkcí v obvodu. K tomuto popisu je přiloženo pracovní schéma zapojení měřicího obvodu. Druhý oddíl obsahuje naměřené hodnoty a jejich grafické zpracování včetně průběhů z osciloskopu a konečného vyhodnocení celého měření.

1 Princip a funkce proudového chrániče v různých napět'ových soustavách

1.1 Historie proudového chrániče

Proudové chrániče se začaly objevovat ve své rané formě již kolem roku 1928, kdy se poprvé objevila myšlenka vytvořit ochranu proti přímému dotyku. První přístroje založené na tomto principu byly označovány jako „diferenciální jističe“ později jako „ochranné spínače poruchového proudu“ (něm. Fehlerstrom-Schutzschalter). V roce 1942 bylo rozhodnuto, že se upustí od ochrany proti přímému dotyku a zavede se ochrana při nepřímém dotyku. To znamená, že jističí přístroje a proudové chrániče je možné používat jen ve spojení s ochranným vodičem. Tomuto rozhodnutí předcházela pokus provedený s proudovým chráničem s citlivostí 10 mA v Berlíně. Záznamy z té doby říkají, že pokusná osoba podrobená pokusu ověřujícímu ochranu při přímém dotyku s fázovým vodičem utrpěla takový šok, že bylo nutno od dalších pokusů upustit, protože se pokusná osoba silně bránila podstoupit druhé vypnutí.

V průběhu let se odborníci zejména z Německa a Rakouska snaží zdokonalovat vlastnosti proudových chráničů a to jak z hlediska vybavovacích proudů, tak z hlediska jejich odolnosti vůči nežádoucím vypnutím. Proto vznikají například proudové chrániče typu G, které jsou odolné proti nežádoucím vypnutím v bouřkách nebo proudové chrániče typu S tzv. selektivní, které jsou odolné proti rázovému proudu. Dále pak v roce 1985 byla pro zkoušení odolnosti stanovena proudová rázová vlna s tvarem 8/20 μ s, která se mimo jiné používá i pro testování svodičů přepětí. V roce 1996 byla v ČR zavedena nová bezpečnostní norma ČSN 33 2000-4-41:1996 *Ochrana před úrazem elektrickým proudem*, která je součástí souboru norem ČSN 33 2000. Teprve v této normě je zavedena doplňková ochrana citlivým proudovým chráničem a příklady pro jejich nasazení v praxi.

[1]

1.2 Co je to proudový chránič

1.2.1 Obecný princip

Obecná definice proudového chrániče uváděná v technických normách je tato: „Proudový chránič je mechanický spínací přístroj nebo kombinace přístrojů navržených tak, aby způsobily rozepnutí kontaktů, jestliže reziduální proud dosáhne pracovní hodnoty za předepsaných podmínek.“ [1]

„Proudový chránič pracuje na principu porovnávání proudů v pracovních vodičích, které procházejí jeho součtovým proudovým transformátorem. Za stavu bez poruchy, což je klasifikováno jako rovnovážný stav, je součet okamžitých hodnot proudů roven nule. V jádru součtového proudového transformátoru se v daném okamžiku indukují dva magnetické toky od

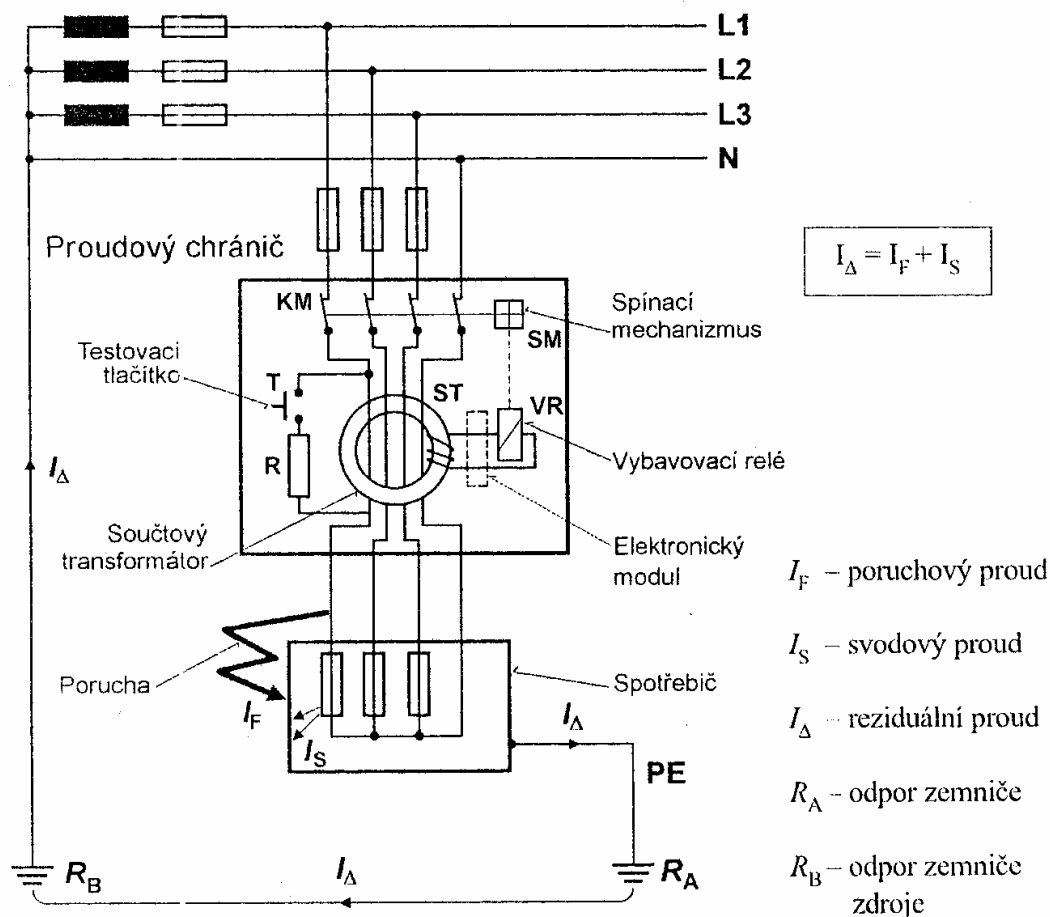
jednotlivých pracovních vodičů s opačnou orientací, jejichž výsledný součet je nulový. V okamžiku vzniku zemního svodového proudu za proudovým chráničem začíná odtékat poruchový proud mimo pracovní vodiče a vzniká nerovnovážný stav. Tato nerovnováha způsobí vybuzení magnetického toku v jádru součtového transformátoru. Vzniklé napětí na jeho výstupním vinutí vytvoří proud, který uvede v činnost vybavovací relé a to dá popud k vypnutí kontaktů proudového chrániče. Tím dojde k odpojení obvodu s poruchou od napájení.“ [1]

„Fyzikálně je tento princip popsán prvním Kirchhoffovým zákonem, podle kterého se součet proudů do uzlu přitékajících musí rovnat součtu proudů z uzlu odtékajících, neboli vektorový součet proudů je roven nule. Pokud za tento uzel považujeme spotřebič nebo celou instalaci za proudovým chráničem, pak v případě poruchy odtéká z „uzlu“ zemní poruchový proud, který musí do uzlu přitékat některým z fázových vodičů. Právě tento nárůst proudu způsobí vznik magnetického toku v jádru součtového proudového transformátoru a to způsobí vybavení proudového chrániče.“ [1] Proud, který uniká do země a tím způsobuje nerovnováhu mezi proudy v pracovních vodičích se nazývá **reziduální proud** nebo také **rozdílový proud** (tj. zbytkový proud mezi pracovními proudy).

[1]

1.2.2 Činnost a zapojení proudového chrániče

Činnost a zapojení proudového chrániče je znázorněna na obr. č.1. Konstrukční části proudového chrániče jsou tyto – součtový proudový transformátor, citlivé vybavovací relé a spínací mechanismus. Jak bylo v předchozím odstavci vysvětleno, proudový chránič pracuje na principu vektorového součtu proudů. Z toho vyplývá, že součtovým transformátorem musí procházet všechny vodiče (L1,L2,L3,N), popřípadě nezbytně nutné pracovní vodiče. Proudový chránič vypne v případě, že dojde ke vzniku reziduálního proudu tekoucího z fázového vodiče do země (zkrat na kostru přístroje popřípadě dotyk osoby) a zároveň za podmínky, že tento reziduální proud překročí hodnotu vybavovacího proudu chrániče. V takovém případě zareaguje vybavovací relé a spínací mechanismus vypne napájení. Časy vypnutí se pohybují řádově v desítkách milisekund (přibližně od 10 do 30 ms), v případě zpožděných typů proudových chráničů se jedná o několik desítek milisekund.



Obr. č.1 Zapojení a činnost proudového chrániče [1]

Abychom v průběhu používání mohli ověřit funkčnost, musí být proudové chrániče povinně vybaveny testovacím tlačítkem (označené písmenem T). Testovací tlačítko je napojeno na zkušební obvod, který při stisknutí tlačítka vytvoří reziduální proud, který je vyšší než $I_{\Delta n}$, což způsobí vybavení chrániče. Ověřování funkčnosti proudového chrániče je nutno provádět jednou za 1 až 3 měsíce popřípadě 6 měsíců (bývá uvedeno v prospektech výrobce).

Citlivost proudového chrániče – jednotlivé kusy jsou vyrobeny a nastaveny pro určitou hodnotu reziduálního proudu, při kterém mají vybavovat. Jedná se o tzv. jmenovitý reziduální proud $I_{\Delta n}$. Proudový chránič nesmí vybavit při hodnotách do 50% $I_{\Delta n}$, může vypínat v rozmezí od 50 do 100% $I_{\Delta n}$ a musí spolehlivě vypínat při hodnotách vyšších než 100% $I_{\Delta n}$.

Ochrana před nadproudy – Chránič v jeho základní formě nejistí před nadproudy v pracovních vodičích, to znamená že nereaguje na přetížení a zkraty. Ochrana před nadproudy se proto musí zajistit předřazením ochranného prvku jako je na příklad pojistka nebo jistič. Z konstrukce proudového chrániče vyplývá, že neomezuje procházející proud, ale pouze hlídá vektorový součet proudů.

Vypínací časy při poruše – je velmi důležité, aby tyto časy byly co nejkratší a to zejména z důvodů rizika úrazu elektřinou. Obvykle se vypínací časy pohybují v desítkách milisekund. Je nutné si uvědomit, že tyto hodnoty klesají s narůstajícím reziduálním proudem. Při skutečné poruše se potom pohybují v jednotkách milisekund, což vyplývá z vypínacích charakteristik.

Nerovnoměrná zátěž a neúplný počet vodičů – v praxi se často setkáme s otázkou, jak je možné, že proudový chránič nevybaví, když měřením ampérmetrem byly zjištěny velké rozdíly proudů v pracovních vodičích a po sečtení, případně odečtení není jejich součet (rozdíl) nulový. Z principu vyplývá, že proudový chránič neporovnává efektivní hodnoty proudů, ale jejich okamžité hodnoty. Proto platí :

Pro jednofázový spotřebič:

$$I_{L1} + I_N = 0$$

Pro třífázový spotřebič se zapojeným středním vodičem:

$$I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_N = 0$$

Pro třífázový spotřebič bez zapojeného středního vodiče (např. asynchronní motor):

$$I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} = 0$$

[1]

1.2.3 Konstrukční části proudových chráničů

ST – součtový proudový transformátor: je to transformátor s toroidním jádrem, jehož průřez je závislý na typu, citlivosti a jmenovitém proudu chrániče. Typ vinutí a použitého materiálu ovlivňují vlastnosti samotného proudového chrániče, jako je například citlivost na určité druhy proudů.

VR – vybavovací relé: neboli také diferenciální relé je řešeno jako speciální relé s přidržovacím permanentním magnetem, u něhož je pohyblivá kotva trvale přitažena magnetickým polem permanentního magnetu. Tato přitažlivá síla je větší než síla tažné pružiny, která působí opačným směrem. Po přivedení proudu do budicí cívky se však magnetické pole permanentního magnetu zeslabí natolik, že pružina odklopí kotvu relé a proudový chránič odpojí napájení.

EM – elektronický modul: používá se k dosažení požadovaných vlastností z hlediska zlepšení citlivosti na pulzující stejnosměrný proud, zvýšení odolnosti proti rázovému proudu, k úpravě vypínací charakteristiky, popřípadě ke zlepšení vlastností při různých frekvencích.

SM – spínací mechanismus: energie z proudového transformátoru není dostatečná k ovládní spínacího mechanismu, který vypíná kontakty. Z toho důvodu se tato energie nastřádá pomocí pružinky při ručním zapnutí ovládací páčky. Celý spínací mechanismus je navržen tak, aby byla zajištěna spolehlivá funkce proudového chrániče po celou dobu jeho provozu v kterékoliv montážní poloze (je to jedna z podmínek výrobních norem).

KR – kryt: chrání před dotykem živých částí. Materiál použitý pro výrobu krytu musí být dostatečně odolný proti mechanickému namáhání a musí splňovat požadavek na stupeň krytí (například IP20 – ochrana před dotykem prstem). Dále pak musí být tepelně odolný, popřípadě musí umět odolat rozžhaveným částem, které mohou dosahovat až stovek stupňů celsia.

[1]

1.2.4 Rozdělení proudových chráničů

Podle počtu pólů:

Nečastěji se vyskytují ve dvou a čtyřpólovém provedení. „**Funkce proudového chrániče není závislá na počtu pracovních vodičů.**“ [1] Z toho vyplývá, že je možné provozovat čtyřpólový proudový chránič se čtyřmi, třemi, ale i dvěma pracovními vodiči. Příkladem může být zapojení s asynchronním motorem bez vyvedeného středu. Jediné úskalí těchto zapojení je zachování funkce testovacího obvodu. Toho docílíme zajištěním napájení pro testovací obvod vhodným spojením přírodních pracovních vodičů (je nutné řídit se nákresem zapojení přímo na přístroji).

Podle funkční závislosti na napájecím napětí:

a) proudové chrániče funkčně nezávislé na napájecím napětí – typ FI (něm. Fehler = chyba, I = proud) – tyto proudové chrániče ke své funkci nepotřebují žádnou pomocnou energii, veškerou potřebnou energii čerpají z mechanické pružiny získanou při zapínání.

b) proudové chrániče funkčně závislé na napájecím napětí – typ DI (angl. Differential = rozdíl, I = proud) – tyto proudové chrániče ke své funkci potřebují dodatečnou energii. Ta se získává odvedením části napětí z vinutí součtového transformátoru, které se posléze zesílí pomocí elektronického zesilovače a použije se pro aktivaci vybavovacího relé.

Podle časové závislosti:

a) nezpžděný – jedná se o nejpoužívanější typ, vypínací čas není zdola omezen, proto reaguje i na krátké proudové rázy, je vhodný pro ochranu osob před přímým i nepřímým dotykem.

b) typu G – doba zpoždění je 10 ms, horní hranice doby vypnutí je stejná jako u nezpožděného, je vhodný pro ochranu osob před přímým i nepřímým dotykem. Používá se zejména tam, kde je nutné omezit nežádoucí vypínání krátkými proudovými rázy.

c) typu S – doba zpoždění je 40 ms (selektivní), vysoce odolný vůči rázovým proudům, čímž výrazně omezuje nežádoucí vypínání, lze jej použít i pro ochranu neživých částí, nejčastěji slouží jako hlavní chránič.

Podle citlivosti na různé druhy proudů:

a) Typ AC – je možné je použít jako ochranu všech elektrických zařízení, pokud chráněným obvodem neprotékají jiné proudy než střídavé. Pokud se v obvodu vyskytují pulzující stejnosměrné složky proudu, má to za následek snížení reakční citlivosti.

b) Typ A – umí vyhodnotit jak střídavé tak stejnosměrné pulzující proudy.

c) Typ B – proudové chrániče tohoto typu reagují na střídavé proudy, stejnosměrné pulzující proudy a také na hladké stejnosměrné proudy. Vzhledem k principu, na jakém proudové chrániče pracují, je nutné podotknout, že typ B obsahuje kromě součtového transformátoru také vysokofrekvenční generátor, který budí toroidní transformátor, čímž se v něm vytvoří střídavý magnetický tok. Ten je vyhodnocován elektronickým obvodem, který zaznamená jakoukoliv změnu magnetických poměrů v toroidu. V případě, že hodnota sekundárního napětí překročí určitou mez, dá tento obvod povel k vypnutí.

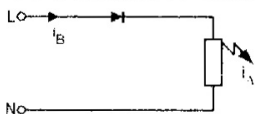
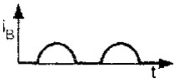
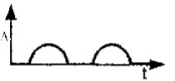
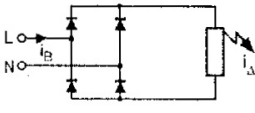
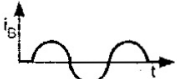
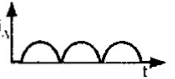
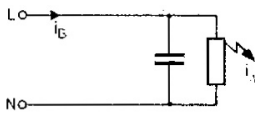
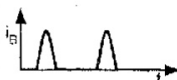
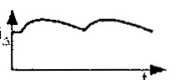
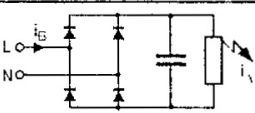
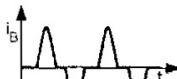

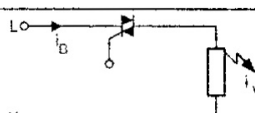
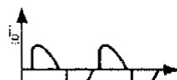
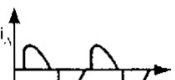
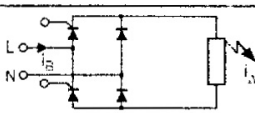
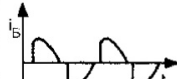
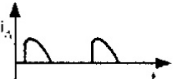
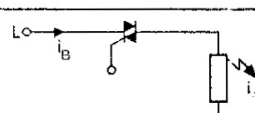
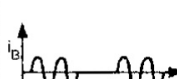
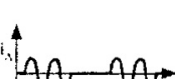
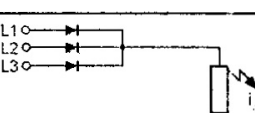
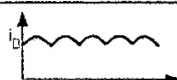
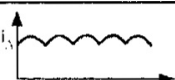
V praxi určuje vhodný typ po posouzení všech uvedených kritérií projektant.

Na obr. č.2 jsou zobrazeny průběhy reziduálních proudů a rozdělení typů proudových chráničů dle citlivosti.

Podle frekvence:

Drtivá většina proudových chráničů je stavěna pro frekvenci 50 Hz (popřípadě 60 Hz). Pro zvláštní případy se vyrábějí také proudové chrániče pro frekvence 200 nebo 400 Hz (pro pohony s asynchronními motory). Jak již bylo výše vysvětleno, proudový chránič používá pro přenos energie indukční vazbu součtového proudového transformátoru, z čehož vyplývá že je **silně frekvenčně závislý**.

[1]

Způsob zapojení v místě chyby	Tvar proudu zátěže	Tvar reziduál. proudu	Použití proud. chrániče typu		
			AC	A	B
 jednocestné usměrnění			ne	ano	ano
 můstkové			ne	ano	ano
 jednocestné vyhlazení			ne	ne	ano
 můstek, vyhlazené			ne	ano	ano
 symetrické, fázové			ano	ano	ano
 nesymetrické, fázové			ne	ano	ano
 střídavé, klíčované			ano	ano	ano
 3fázové usměrnění			ne	ne	ano

Obr. č.2 Průběhy reziduálních proudů [1]

1.3 Druhy systémů sítí

„Obecné požadavky na ochranu samočinným odpojením – Pro řádnou funkci ochrany před úrazem elektrickým proudem, zejména ochrany samočinným odpojením od zdroje, je nutné dát do souladu požadavky na uzemnění, požadavky na ochranné vodiče a požadavky na charakteristiky ochranných přístrojů.“ [1]

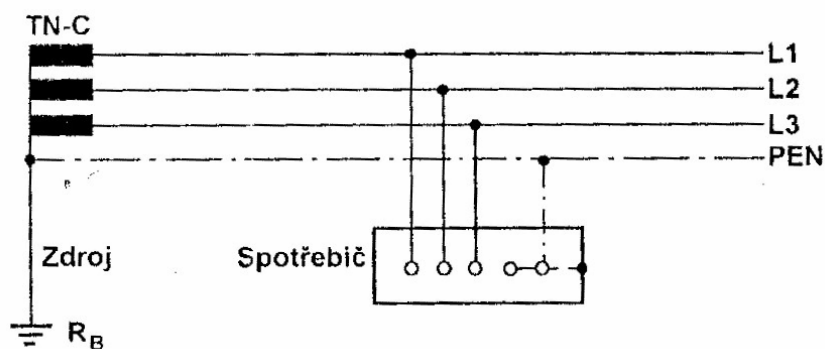
„Ochrana samočinným odpojením od zdroje musí být provedena v každé instalaci kromě těch případů, kdy je uplatněn jiný způsob ochrany, jako je například SELV, PELV, zařízení třídy ochrany II apod.“ [1]

1.3.1 Systém sítě TN – dříve ochrana nulováním

V tomto systému jsou všechny neživé části spojeny ochranným vodičem PE nebo PEN s uzemněným bodem napájecí sítě. V případě poruchy (např. při zkratu) se uzavře obvod zkratového proudu vodičem PE nebo PEN a nadproudová ochrana odpojí obvod.

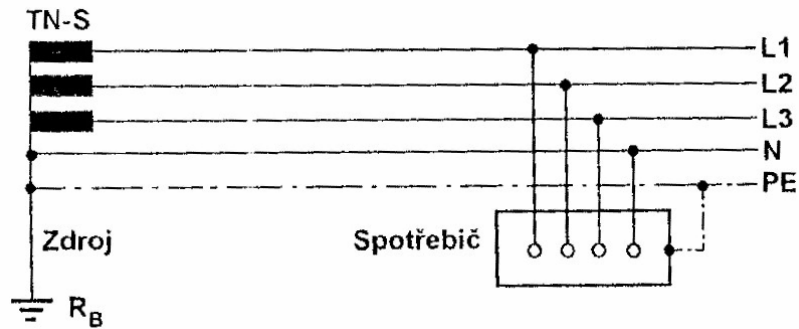
Systém sítě TN se dělí na 3 části:

TN–C : viz. obr. č.3. Používá se pro veřejné rozvodné sítě a jako ochranná zařízení se používají tavné pojistky, jističe a výkonové vypínače. Vodič PEN plní funkci neutrálního (středního) vodiče „N“ a současně i funkci ochranného vodiče „PE“.



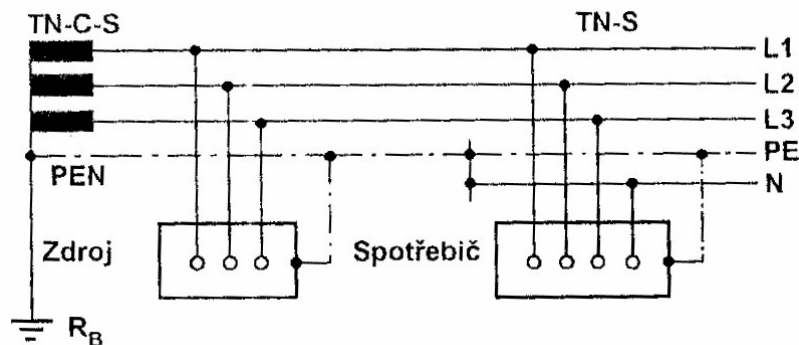
Obr. č.3 Systém sítě TN-C [1]

TN-S : viz. obr. č.4. Používá se pro instalace v bytech, kancelářích popřípadě dílnách a jako ochranná zařízení se používají nadproudové jističe a proudové chrániče. Vodiče N a PE jsou vyvedeny samostatně.



Obr. č.4 Systém sítě TN-S [1]

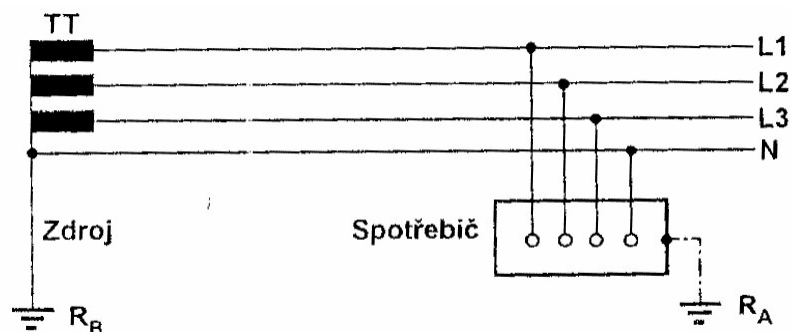
TN-C-S : viz. obr. č.5. Nejčastěji užívané zapojení. Neutrální (střední) a ochranný vodič mohou být odděleny jen v částech zařízení. Po rozdělení vodiče PE a N se již nesmějí tyto vodiče opět spojit. Jako ochranná zařízení se používají nadproudové ochranné zařízení (pojistky, jističe) a proudové chrániče, ale pouze v části s odděleným vodičem PE a N.



Obr. č.5 Systém sítě TN-C-S [1]

1.3.2 Systém sítě TT – dříve ochrana zemněním s uzemněným nulovým bodem

V systému sítě TT (viz. obr. č.6) jsou neživé části chráněných elektrických zařízení spojeny ochranným vodičem se společným zemněním. To znamená, že neživé části elektrických zařízení jsou elektricky spojeny vodičem PE se zemí. Používá se v zemědělských a zahradnických zařízeních a na stavbách. Z hlediska ochrany se dají použít pouze nadproudová ochranná zařízení a to v obvodech s pojistkami se jmenovitým proudem do 6 A. Ve zvláštních případech se dá použít přepět'ový jistič.

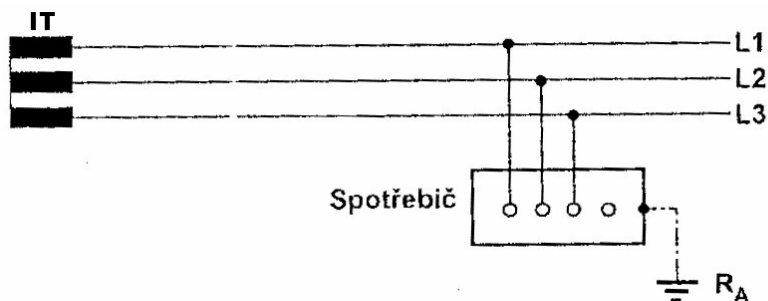


Obr. č.6 Systém sítě TT [1]

[1]

1.3.3 Systém sítě IT – dříve ochrana zemněním s izolovaným nulovým bodem

V systému sítě IT (viz. obr. č.7) jsou všechny aktivní části izolovány proti zemi nebo uzemněny přes dostatečně velkou impedanci. Tato impedance může být mezi uzlem hvězdy sítě a zemí nebo umělým uzlem a zemí. V sítích bez vyvedeného středu hvězdy jsou fázové vodiče spojeny přes impedanci se zemí. Neživé části elektrických zařízení se musí jednotlivě, skupinově nebo jako celek uzemnit. Používá se jako záložní nouzové napájení v nemocnicích, v chemickém průmyslu, v dolech, u sklářských pecí a u vysokých pecí na výrobu oceli. Jako ochrana se používají přístroje na kontrolu izolačního stavu, nadproudová ochrana, proudové chrániče a výjimečně přepět'ové chrániče.



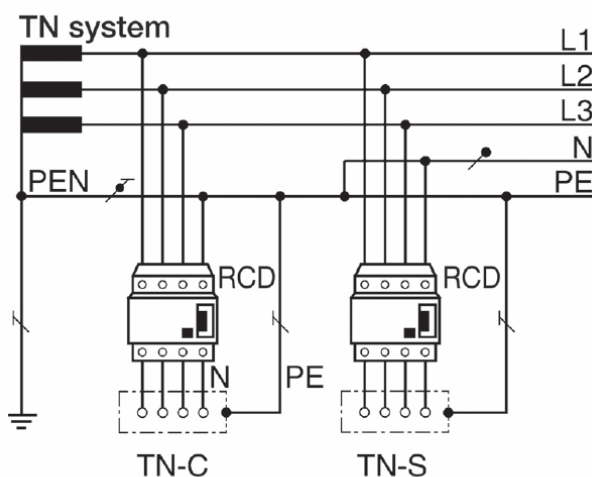
Obr. č.7 Systém sítě IT [1]

[1]

1.4 Proudové chrániče v různých systémech sítí

1.4.1 Proudový chránič v TN

Tyto systémy jsou nejrozšířenější po celé Evropě (včetně ČR). Z toho vyplývá, že největší procento proudových chráničů se vyskytuje právě zde. Základním potřebným faktorem pro vznik vypínacího proudu je zkrat mezi fázovým vodičem a neživou částí. Tento zkrat musí být vyšší nebo roven hodnotě jmenovitého reziduálního proudu $I_{\Delta n}$. Vypínací časy v těchto instalacích dosahují normovaných vypínacích časů a to i v případě použití proudového chrániče selektivního typu (ten se většinou zapojuje na začátek instalace jako komplexní ochrana). Hlavním důvodem pro použití proudového chrániče na začátku instalace není řešení problému s impedancí smyčky ale ochrana před vznikem požárů od plazivých proudů. Největším přínosem použití proudového chrániče v systému TN spočívá v podstatném zvýšení citlivosti ochrany a ve většině případů i ke zkrácení vypínacích časů.



Obr. č. 8 Zapojení proudového chrániče v systému TN [2]

[1]

1.4.2 Proudový chránič v TT

Ochrana v těchto systémech je založena na spojení neživých částí se zemí a v použití země ke zpětnému vedení poruchového proudu k uzlu zdroje. Pro zajištění správného chodu ochranných zařízení musí mít systém určitou hodnotu zemního odporu ochranného uzemnění, který získáme vztahem :

$$R_A \leq -\frac{U_L}{I_{\Delta n}}$$

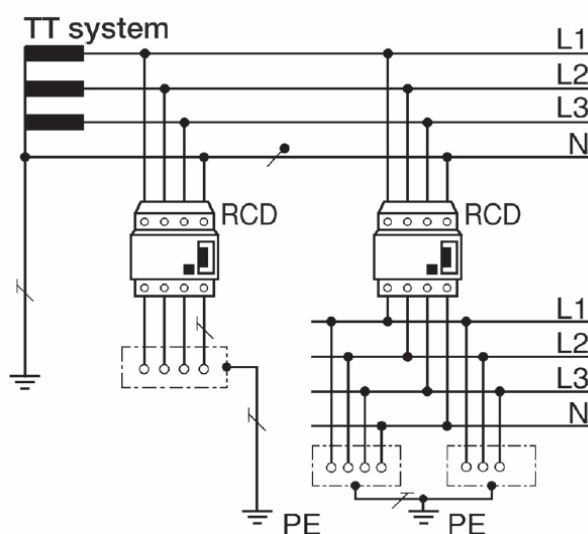
R_A – odpor uzemnění spotřebiče

U_L – dovolená mez trvalého dotykového napětí

$I_{\Delta n}$ – jmenovitý reziduální proud

[1]

Pojistky nebo jističe tuto podmínku nemohou při větších odběrech (nad 10 A) splnit. Proto je v těchto systémech nutné použít proudové chrániče. Nevýhodou těchto systémů je skutečnost, že při poruše se na neživých částech až do odpojení vyskytuje poměrně vysoké dotykové napětí (až 200 V). Je to z toho důvodu, že se síťové napětí rozdělí v poměru impedance vedení a odporu uzemnění. Toto napětí je již dostatečně vysoké na to, aby prorazilo kůži a způsobilo velkou elektrickou ránu. Pokud elektrické ochrany zareagují správně a včas, nedojde k ohrožení na životě, ale projeví se tzv. druhotné úrazy jako například pád z lešení, ze žebříku atd. Oproti tomu v systému TN se hodnota dotykového napětí pohybuje maximálně kolem 90 V, čímž se druhotné úrazy eliminují na minimum (ve většině případů se vůbec nevyskytují). Jelikož je zde určitá pravděpodobnost, že proudový chránič selže (což se většinou zjistí při pravidelné revizi), je doporučeno, aby se do těchto sítí zapojovaly dva proudové chrániče za sebou. První, který slouží jako hlavní chránič (selektivní s citlivostí 100 až 300 mA) na začátku obvodu a další jako sekundární všude kde je potřeba. Aby se dostalo přednosti systému TT, je potřeba zajistit vzájemnou elektrickou nezávislost jednotlivých uzemnění. To nám zajistí odolnost proti zavlčení dotykového napětí na neživou část vlivem cizí poruchy.



Obr. č. 9 Zapojení proudového chrániče v systému TT [2]

[1]

1.4.3 Proudový chránič v IT

Systémy IT jsou používány ve spojitosti s maximální bezpečností obsluhy a vysoce spolehlivou dodávkou elektrické energie. Setkáme se s nimi například v dolech, hutích, speciálních provozech a nemocnicích (nemocnice jsou speciálním druhem izolované sítě, která je označována jako ZIS neboli „zdravotnická izolovaná soustava“). Jak z principu systému IT vyplývá, je celá tato soustava izolovaná od země (tzn. celá soustava včetně uzlu zdroje). V případě vzniku první poruchy (proti zemi nebo neživé části) se jedná o tzv. první zemní spojení, kterém není vůči proudovému chrániči klasifikováno jako porucha, proto nevybaví. Z toho vyplývá, že izolovaná síť se dočasně změnila na síť TT popřípadě TN, to záleží na způsobu uzemnění spotřebiče. **„První porucha není pro obsluhu nebezpečná, pokud je splněna následující podmínka“ [1]:**

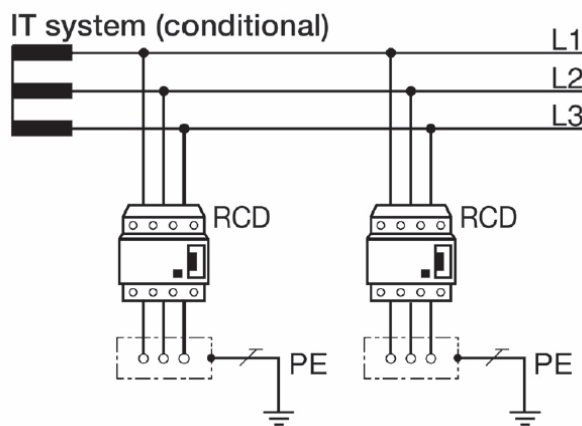
$$R_A * I_d = 50(25)V$$

R_A součet odporu zemniče a ochranného vodiče

I_d poruchový proud mezi fázovým vodičem a neživou částí

[1]

V praxi je tato první porucha pouze signalizována obsluze a to z toho důvodu, aby se mohla bezpečně dokončit činnost důležitých strojů (v případě nemocnice např. chirurgický zákrok). Proudový chránič vybavuje až v případě výskytu druhé poruchy. V případě, že poruchová smyčka má vysokou impedanci, musí být uplatněno doplňující pospojování nebo musí být ochrana zajištěna proudovými chrániči chránícími samostatně každé elektrické zařízení.

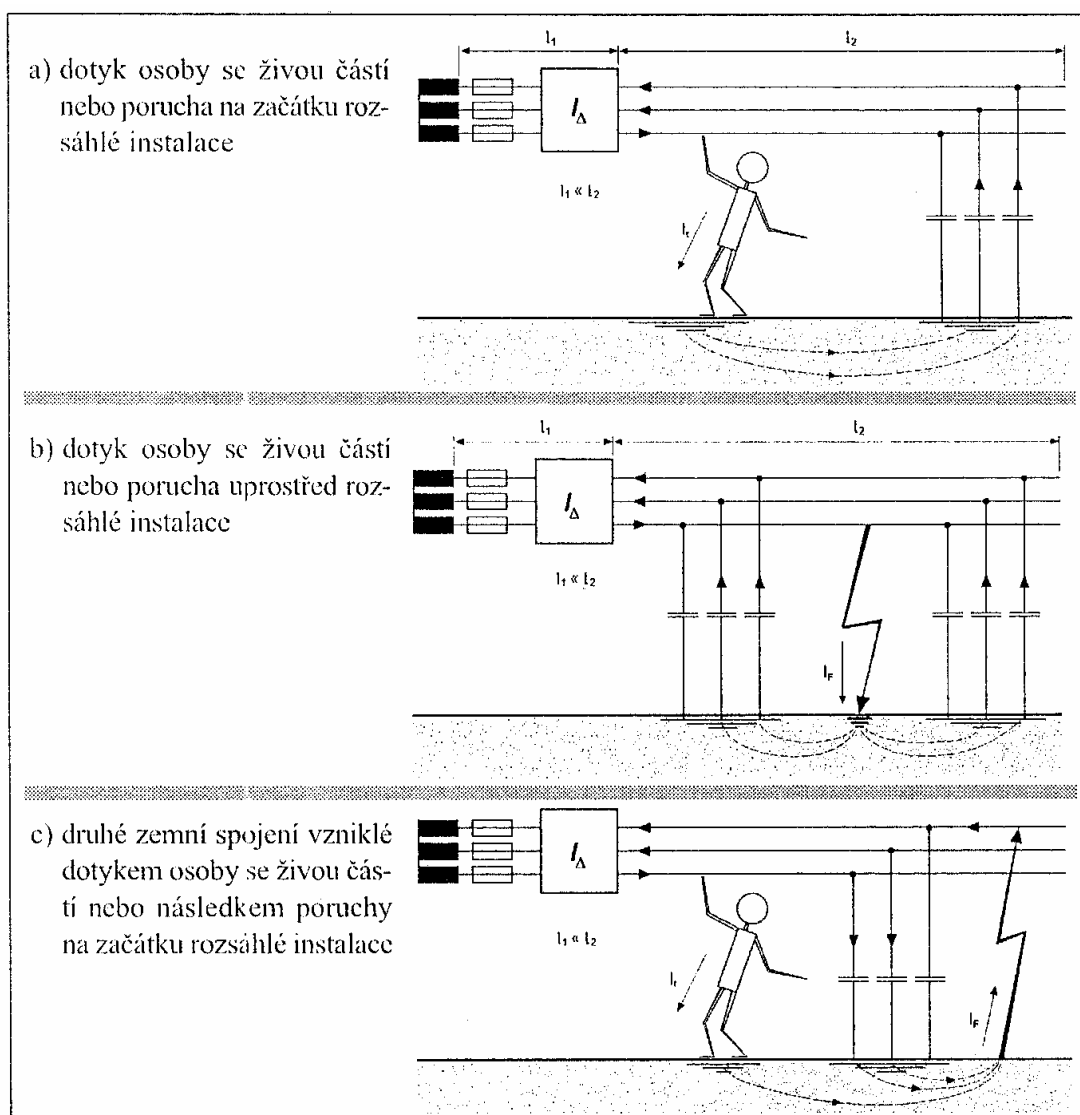


Obr. č. 10 Zapojení proudového chrániče v systému IT [2]

Doplňková ochrana živých částí v systémech IT :

- 1.** Systémy IT malého rozsahu, kde proud I_d prvního zemního spojení nepřesáhne 10 mA. Ten může při dotyku způsobit neškodnou elektrickou ránu, ale nedojde ještě k vybavení citlivého proudového chrániče.
- 2.** Systém IT menšího rozsahu většinou s více výběžky, kde proud I_d na kostru přesahuje 10 mA, což vytvoří podmínku pro vybavení citlivého proudového chrániče. Přímý dotyk se živou částí není přípustný, protože proudy nad 10 mA způsobují svalové křeče.
- 3.** Systém IT je většinou natolik rozsáhlý, že proud I_d prvního zemního spojení je větší než vypínací proud předřazeného ochranného přístroje (pojistka, jistič, proudový chránič). Tím již tato první závada vede k odpojení napájení. Pro tento případ platí podmínky systému TT – co se týká vybavovacího proudu a hodnot uzemnění R_A . Zemní kapacita systému před proudovým chráničem je větší, než zemní kapacita za proudovým chráničem. Obr. č.11 znázorňuje případy, kdy v systému IT nedojde k vybavení. Jejich společným rysem je to, že poruchový proud, který vznikne v jedné z fází se rozdělí prostřednictvím zemních kapacit mezi zbývající fáze. Tato porucha se proto neprojeví jako reziduální proud. V těchto případech není zaručena vyšší úroveň ochrany, protože neumí rozeznat poruchové a pracovní proudy. Univerzálním řešením je použití proudových chráničů pro jednotlivé vývody co nejbližší ke spotřebiči.

[1]



Obr. č. 11 Případy kdy v systému IT nedojde k vybavení proudového chrániče [1]

„Z výše popsaných skutečností je pochopitelné, že pro proudové chrániče v systémech IT platí naprosto odlišné podmínky než v systémech TT a TN. **Zde je několik pravidel, která se používají v praxi:**

- a)** O smysluplnosti použití proudového chrániče pro ochranu při druhé poruše musí rozhodnout zkušený elektrotechnik, nejlépe znalý místních poměrů.
- b)** Rozsáhlé systémy IT je z hlediska citlivosti nutno považovat za systémy TT a to z důvodu relativně velké hodnoty zemních svodových proudů.

c) Chování proudových chráničů v systému IT je nutno ověřit vytvořením zemního spojení pomocí vhodného odporu (žárovkou, zkoušečkou), aby bylo ověřeno vybavení či nevybavení při dotyku osoby se živou částí.“ [1]

1.5 Speciální proudové chrániče

1.5.1 Provedení proudových chráničů firmy Moeller

PF7 – jedná se o základní typ proudových chráničů určených pro domovní rozvody a podobné aplikace. Je stavěn pro jmenovité proudy do 100 A. Konstrukce s permanentním magnetem. Pravidelné testování pomocí tlačítka se provádí jednou za měsíc. K dostání ve dvou a čtyř pólovém provedení. Dostupné charakteristiky : AC, A, G, R, S, S/A, U.

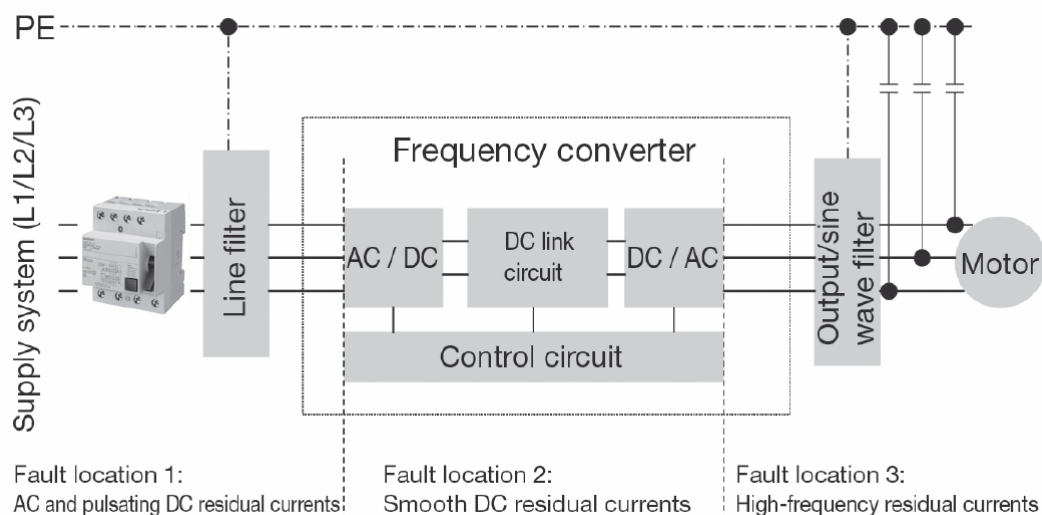
PHF7 – patří mezi chrániče s vysokou provozní spolehlivostí, z čehož vyplývá pouze jednorozční nutnost testovat pomocí test tlačítka. Vyrábějí se do jmenovitých proudů 63 A. Jsou nabízeny v charakteristikách: G, G/A, S. Jednou z jejich výhod je, že mají integrovanou ochranu proti přetížení.

PFL7 – tento proudový chránič je vhodný zejména z důvodu úspory místa, protože spojuje v sobě proudový chránič a nadproudovou ochranu nebo-li jistič. Jmenovité proudy se pohybují od 6 až do 40 A. Konstrukce samotného chrániče je shodná s typem PF7. Testování pomocí tlačítka je nutno provádět jednou měsíčně. Je dostupný v charakteristikách: AC, A, G, zabudovaný jistič B a C.

Proudové chrániče vhodné pro ochranu motorů a obdobných zařízení – kromě ochrany osob a majetku mohou proudové chrániče chránit také před vznikem požáru, popřípadě před poškozením provozních zařízení (např. motory). Proudový chránič totiž dokáže odhalit zhoršující se stav izolace vinutí dříve, než dojde k jeho nevratnému poškození. Pokud vzrůstá unikající proud z vinutí do kostry motoru, jedná se z pohledu proudového chrániče o reziduální proud. Jedním z vhodných typů pro tyto účely je proudový chránič s charakteristikou S čili selektivní. V případě, že je motor řízen frekvenčním měničem nebo softstartérem je vhodné použít typ s charakteristikou U. Jmenovitý reziduální proud se pro tyto účely pohybuje od 100 mA nahoru. Vhodnými typy chráničů jsou například: PF7, PHF7, PFDM nebo sestavy s nepřímým vypínáním pomocí relé PFR či ZEV. Varianta s nadproudovým relé ZEV poskytne komplexní ochranu motorů, včetně aplikací s dlouhým rozběhem.

Každá firma má na výrobu proudových chráničů své tzv. „*know how*“. Produkty všech značek (ať už je to ABB, SIEMENS, BONEGA, MOELLER, SCHRACK atd.) si jsou z hlediska použití velmi podobné, avšak v oblasti speciálních proudových chráničů je firma SIEMENS jednou z nejlepších. Zejména v oblasti ochrany zařízení, které jsou napájeny ze systémů

s neharmonickými proudy. Pro tyto účely vytvořila firma SIEMENS řadu proudových chráničů s názvem SIQUNECE RCCBs typ B s charakteristikou K. Tyto proudové chrániče jsou speciálně navrženy pro účely ochrany motorů, které jsou řízeny frekvenčními měniči. Z toho vyplývá, že umí správně reagovat na jakékoliv průběhy proudů, jako je například – sinusový, stejnosměrný, pulsní, včetně všech nežádoucích doprovodných jevů, jako jsou vyšší harmonické, rušení atd. Na obr. č.12 je příklad zapojení proudového chrániče firmy SIEMENS do obvodu s motorem a frekvenčním měničem.



Obr. č.12 Příklad zapojení proudového chrániče do obvodu s frekvenčním měničem [2]

[2,3,4]

2 Návrh řešení pro vyhodnocování unikajícího proudu v systémech s neharmonickými proudy

2.1 Popis zapojení

Pro ověření činnosti proudového chrániče v systému s neharmonickým proudem jsem použil následující pomůcky:

1. proudový chránič firmy Schrack základního typu
2. proudový snímač firmy LEM CT0.4 - P
3. proudový snímač firmy LEM typu LA25 - NP
4. napět'ový střídač s usměrňovačem
5. osciloskop firmy Agilent Technologies
6. symetrický zdroj $\pm 15\text{ V}$
7. odporová sádka
8. tlumivka
9. reostatová zátěž $13\ \Omega$
10. potenciometr $2,5\ \text{k}\Omega$
11. 3f transformátor

Ad 1. Použil jsem proudový chránič firmy Schrack typu BCFO s charakteristikou AC, bez zpoždění, s jmenovitým vypínacím proudem 30 mA a ve 4-pólovém provedení. Jmenovité napětí 230/400V. Je stavěn pro teploty od $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zkratová odolnost $>250\text{ A}$ ($8/20\mu\text{s}$). Elektrická životnost >4000 pracovních cyklů. Mechanická životnost $>20\,000$ pracovních cyklů.

Ad 2. Jedná se o snímač proudu, který je založen na stejném principu jako proudový chránič, s tím rozdílem, že umí zpracovat i stejnosměrný či jiný nesinusový průběh proudu. Snímaný proud nezpůsobuje odpojení od napětí, ale je přiveden na měřicí svorky. Tento snímač jsem využil jako prostředek pro zobrazení průběhu vybavovacího proudu.

Ad 3. Proudový snímač, který umí zpracovat všechny druhy signálu (stejnosměrný, střídavý, pulzující ad.) V mém zapojení sloužil jako prostředek pro zobrazení průběhu napájecího napětí.

Ad 4. Tento napět'ový střídač je výsledkem diplomové práce dřívějšího studenta. Lze na něm nastavit typ modulace (PWM – pulzně šířková modulace nebo šířková modulace) a následně jejich parametry. U PWM – výstupní frekvence, výstupní napětí v procentech a výstupní spínací frekvence. U šířkové modulace – výstupní frekvence a programový úhel. Vstupní napětí do tohoto střídače bylo 46 V, jeho výstupní napětí bylo 36 V.

Ad 5. Pro zobrazení průběhů jsem použil osciloskop MEGAZOOM MSO6054 A firmy Agilent Technologies.

Ad 6. Pro napájení proudového snímače LEM CT 0.4–P jsem použil zdroj firmy STATRON TYP 2229 s výstupním symetrickým napětím $+15\text{V}$, 0V , -15V .

Ad 7. Z důvodu odrušení výstupního průběhu jsem použil odporové sádky ruské výroby s nastaveným odporem $R = 5,9\text{ k}\Omega$

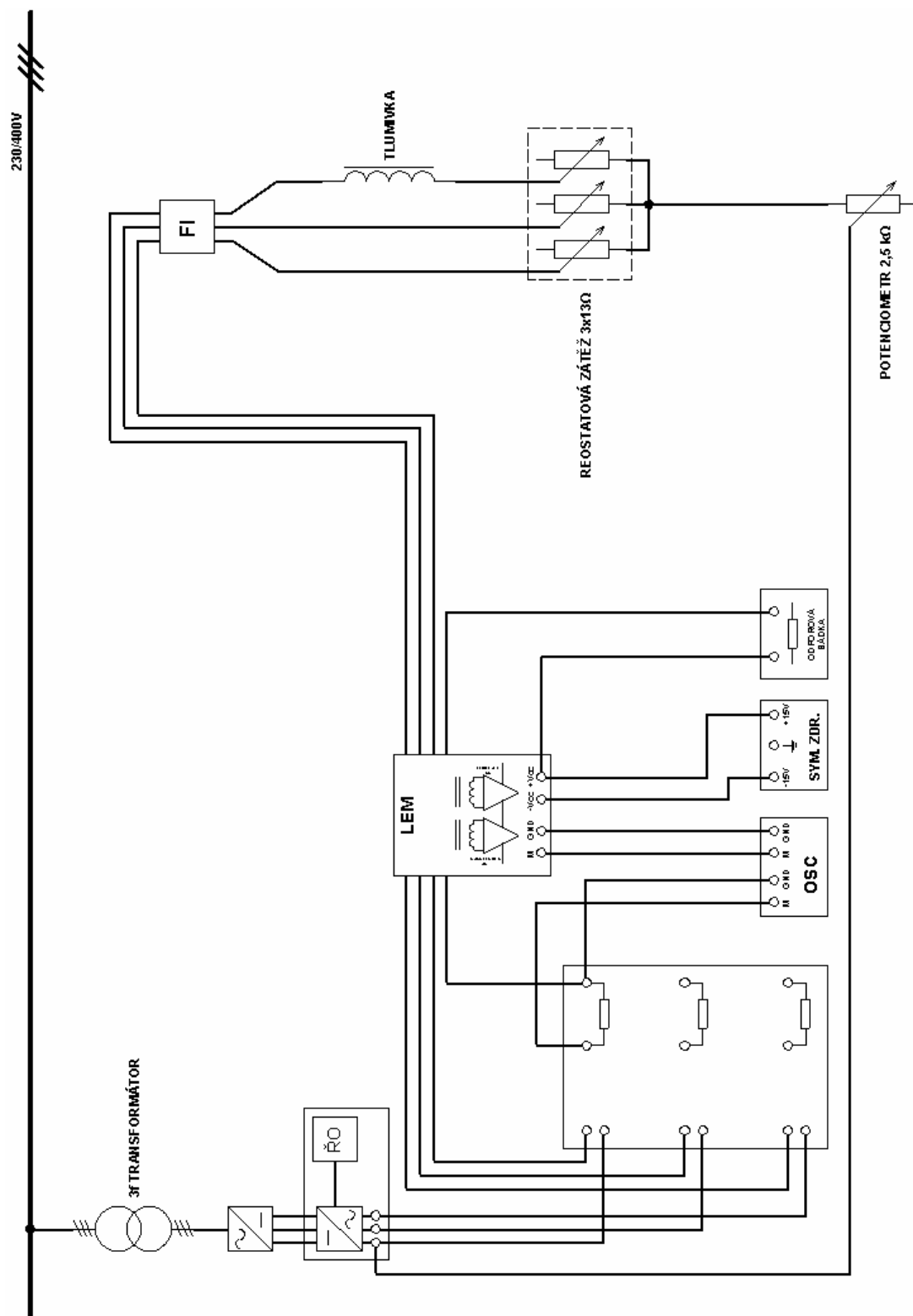
Ad 8. a 9. Abych se co nejvíce přiblížil vlastnostem vinutí motoru, použil jsem jako zátěže 3 reostaty s tím, že před jeden z nich jsem předřadil tlumivku. Tu jsem vytvořil z části vinutí transformátoru s pevným jádrem a tím jsem vytvořil vedle odporové zátěže také indukční.

Ad 10. Aby bylo možné plynule regulovat velikost vybavovacího proudu (neboli poruchového proudu), použil jsem drátový potenciometr s hodnotou odporu $R = 2,5\text{ k}\Omega$ a výkonem $P = 4\text{ W}$.

Ad 11. Jako zdroj napájecího napětí jsem použil 3 fázový transformátor s izolovaným uzlem v zapojení do hvězdy. Jeho výstupní napětí je 46 V . Takto jsem v laboratorních podmínkách vytvořil náhradu izolovaného systému sítě.

[5,6,7]

2.2 Schéma



Obr. č.13 Schéma zapojení

3 Měření a vyhodnocení

3.1 Tabulky a grafy

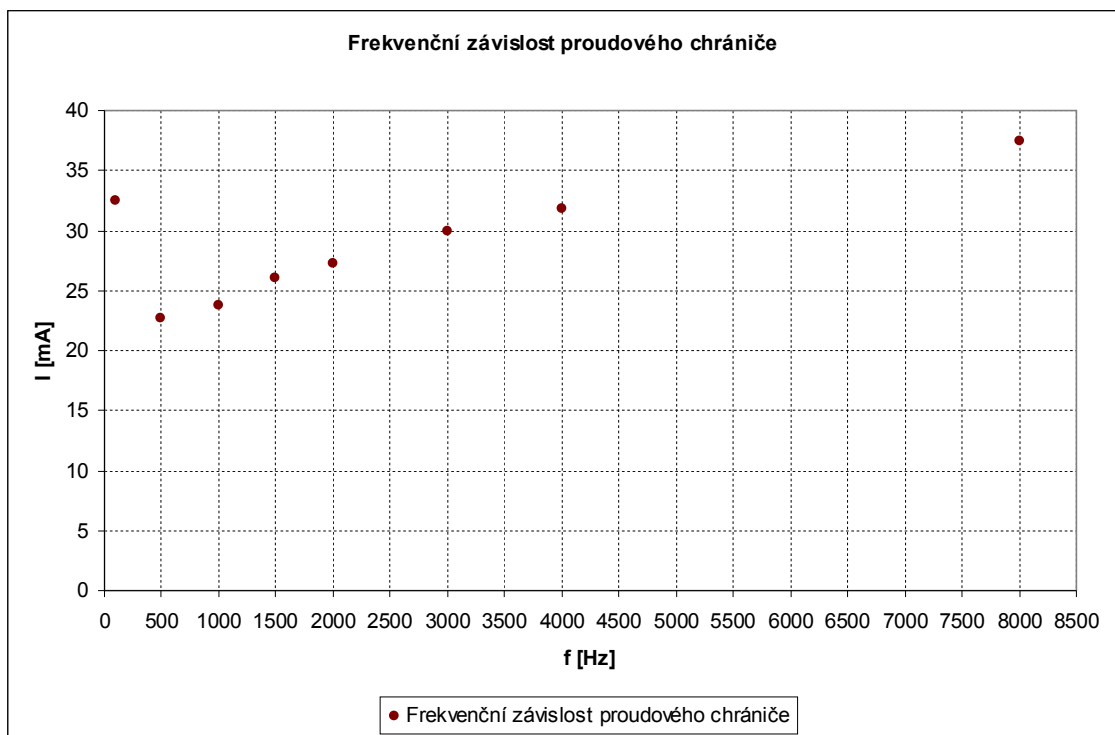
První i druhé měření jsem provedl na zapojení znázorněném na obr. č.13.

3.1.1 První měření

Z prvního měření jsem zjistil následující výsledky:

$f_{\text{spínací}}$	$I_{\Delta n1}$	$I_{\Delta n2}$	$I_{\Delta n3}$	$\Sigma I_{\Delta n}$	R_{POT}
[Hz]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[Ω]
100	32,20	32,36	33,05	32,54	1030
500	22,80	23,21	22,24	22,75	1705
1000	23,60	23,70	23,95	23,75	1562
1500	25,90	26,23	26,18	26,10	1424
2000	27,40	27,42	27,10	27,31	1340
3000	29,60	29,40	31,00	30,00	1143
4000	31,40	31,44	32,47	31,77	1056
8000	37,80	37,28	37,26	37,45	806

Tab. č.1 Hodnoty prvního měření

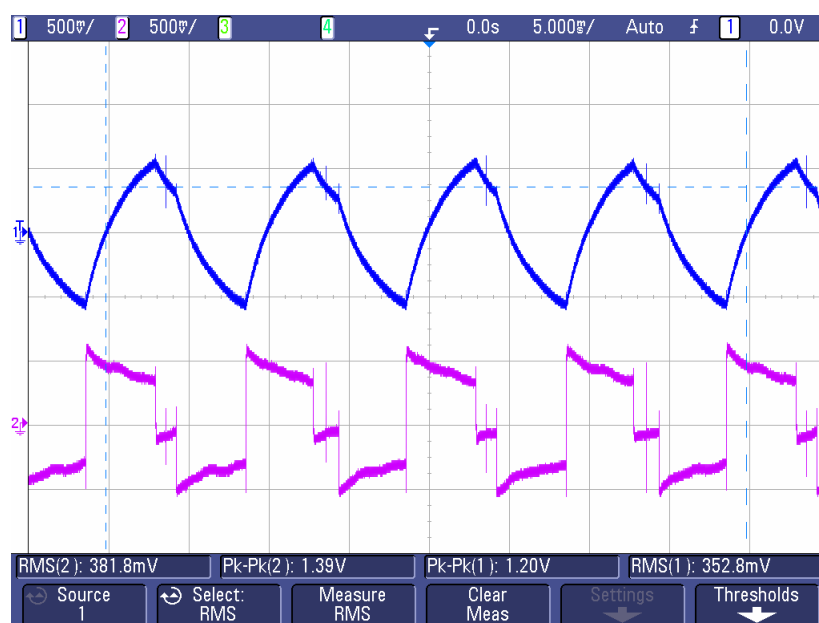


Graf č.1 Frekvenční závislost proudového chrániče

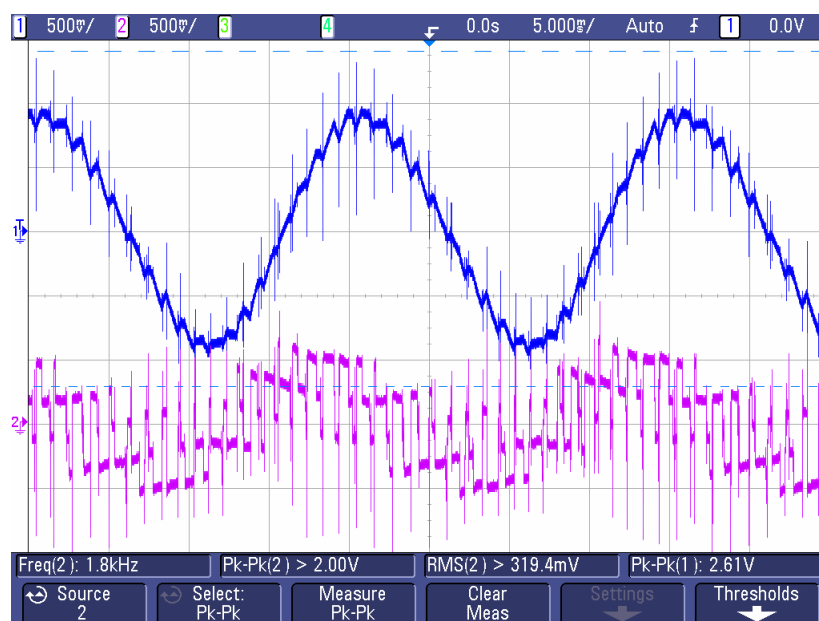
Z grafu vyplývá, že proudový chránič firmy SCHRACK typu BCFO použitý při tomto měření je frekvenčně závislý. Tato frekvenční závislost není lineární, je vzestupná. Při tomto měření jsem na střídači měnil pouze spínací frekvenci. Střídač byl nastaven do režimu PWM (pulzně šířková modulace), výstupní frekvence byla 50 Hz, $[(U/f) \neq \text{konst.}]$. Hodnotu $I_{\Delta n}$ (vybavovací proud) jsem měnil pomocí potenciometru. Pro střídač nastavený do režimu šířkové modulace jsem zjistil následující hodnoty: vybavovací proud $I_{\Delta n} = 23,4 \text{ mA}$, výstupní frekvence $f_{\text{VYST}} = 50 \text{ Hz}$, odpor potenciometru $R_{\text{POT}} = 1804 \Omega$. Tvar proudu a napětí pro šířkovou modulaci je znázorněn na obr. č.14 a pro PWM na obr. č. (15, 16, 17, 18).



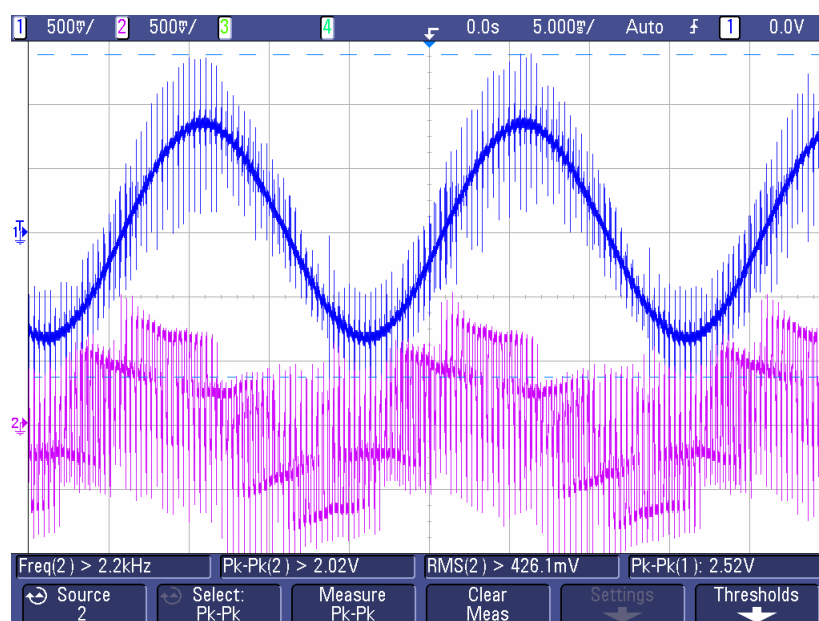
Obr. č.14



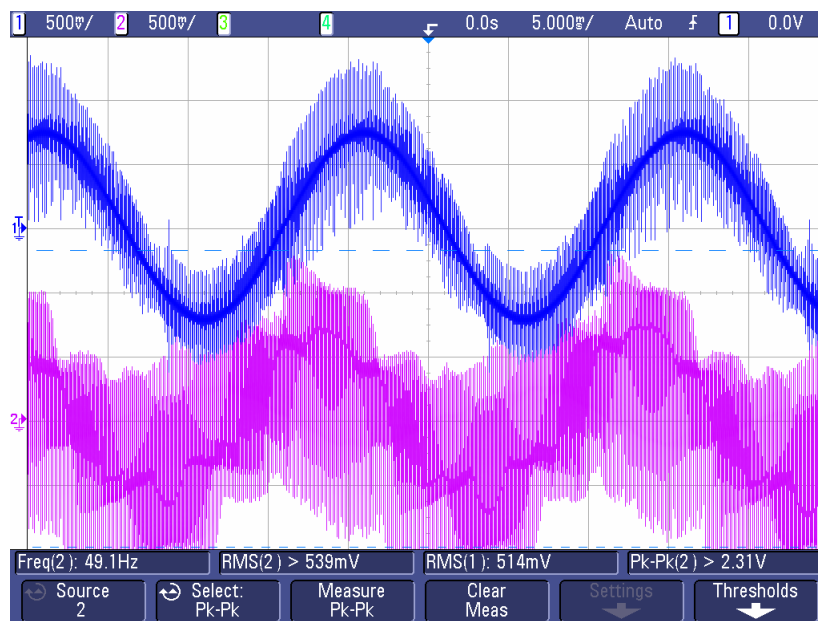
Obr. č.15



Obr. č.16



Obr. č.17



Obr. č.18

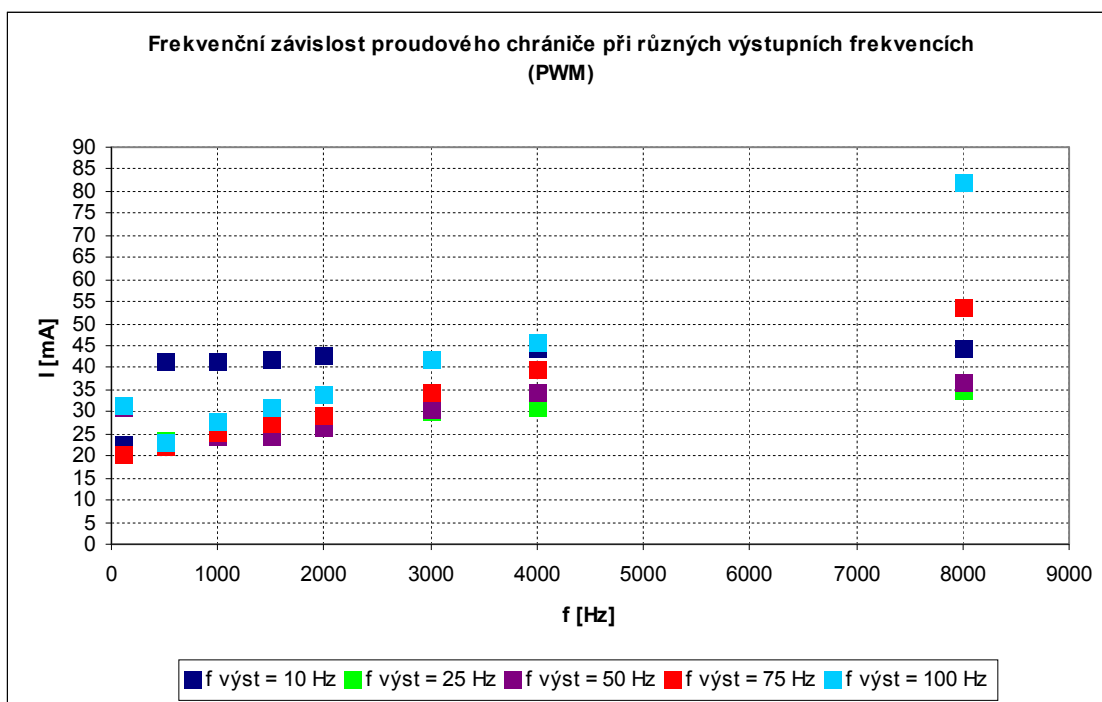
3.1.2 Druhé měření

Při druhém měření byl střídač nastaven takto: způsob modulace – PWM, velikost výstupního napětí – 100%, $[(U/f) \neq \text{konst.}]$. Reguloval jsem jak frekvenci spínací, tak frekvenci výstupní. Pro šířkovou modulaci jsem nastavil programový úhel na 180° a měnil jsem pouze výstupní frekvenci a to v rozsahu od 10 do 90 Hz. Vybavovací proud jsem opět měnil pomocí potenciometru. Tvary proudů a napětí jsou na obr. č. (19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

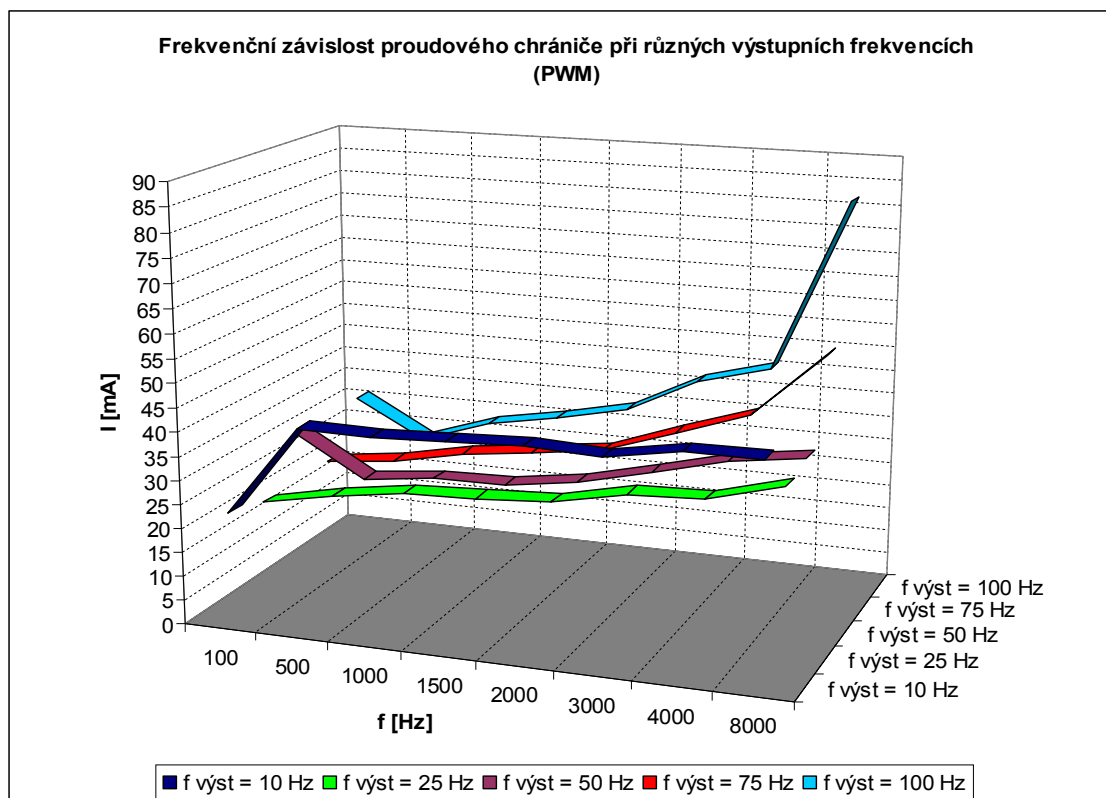
Výsledky pro střídač v režimu PWM:

$f_{\text{spínací}}$	I_{An1}	I_{An2}	I_{An3}	I_{An4}	I_{An5}
[Hz]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]
100	22,80	20,47	31,22	20,7	31,3
500	41,70	23,38	22,7	22,48	23,3
1000	41,38	25,59	24,41	25,55	28,1
1500	42,16	26,25	24,55	27,43	30,95
2000	42,70	27,26	26,76	29,43	34,13
3000	42,10	30,33	30,58	34,67	41,78
4000	44,66	31,06	34,36	39,8	45,85
8000	44,75	35,05	36,52	53,75	82
$f_{\text{VYST}} [\text{Hz}] =$	10	25	50	75	100

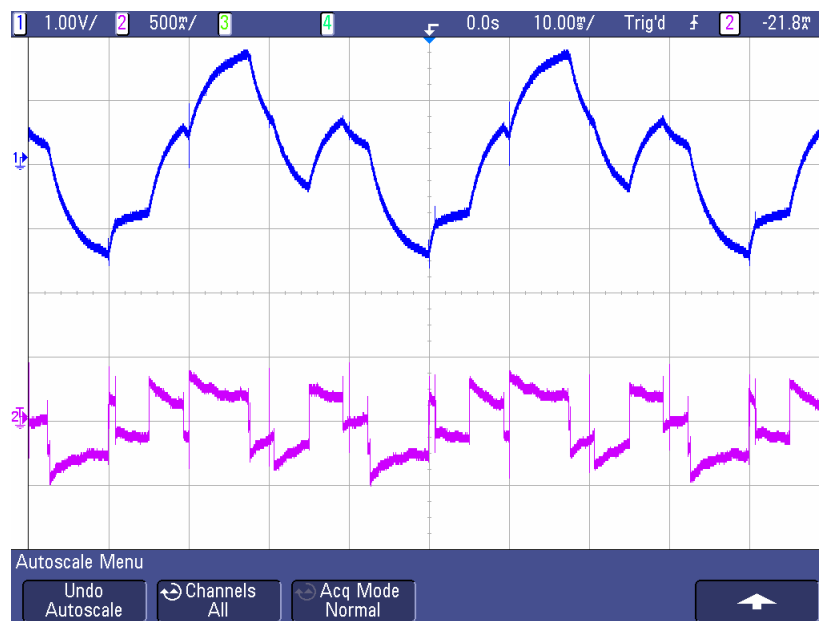
Tab. č.2 Hodnoty druhého měření



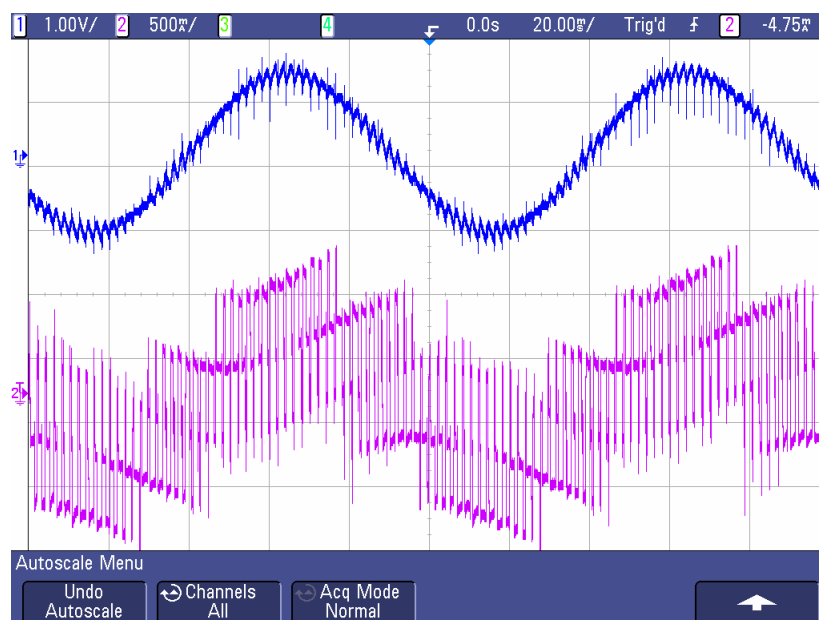
Graf č. 2 Frekvenční závislost proudového chrániče při různých f_{VYST} (PWM)



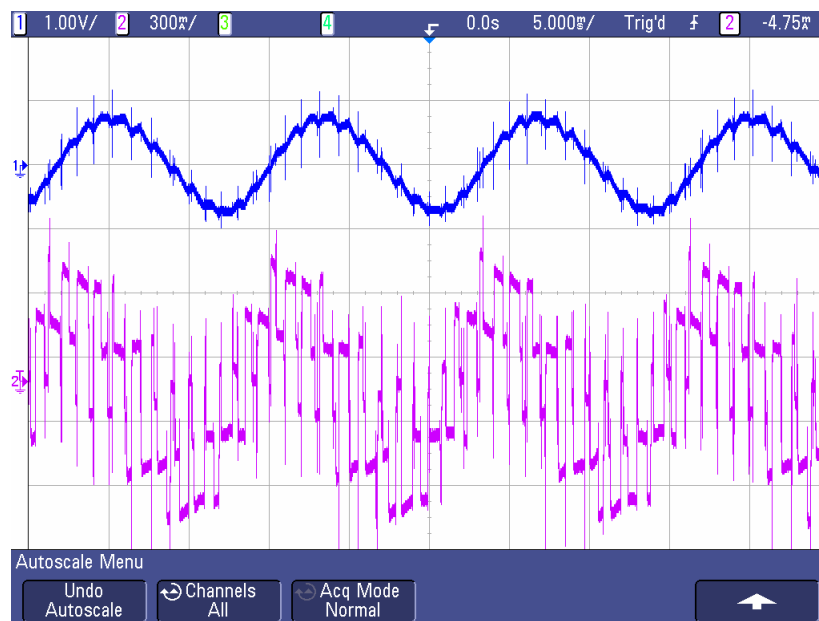
Graf č. 3 Frekvenční závislost proudového chrániče při různých f_{VYST} (PWM)



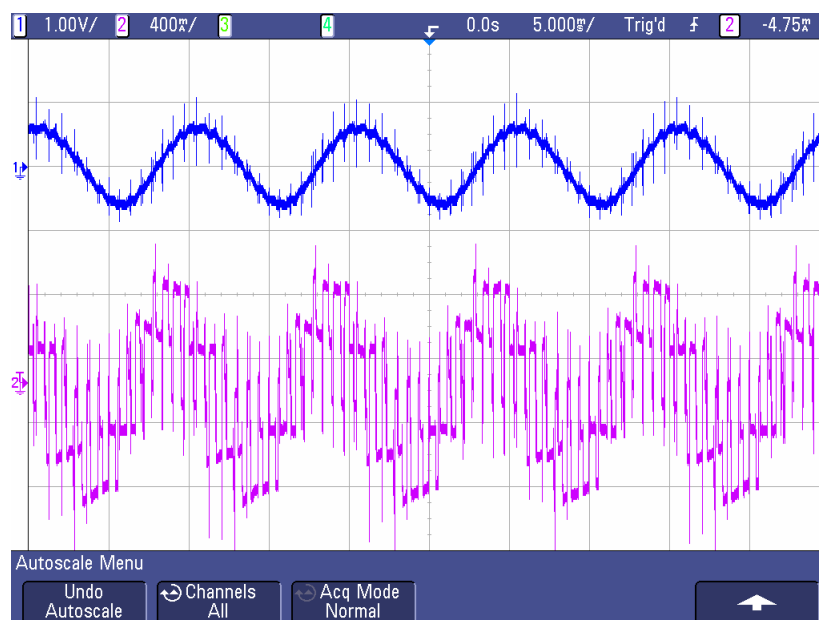
Obr. č.19



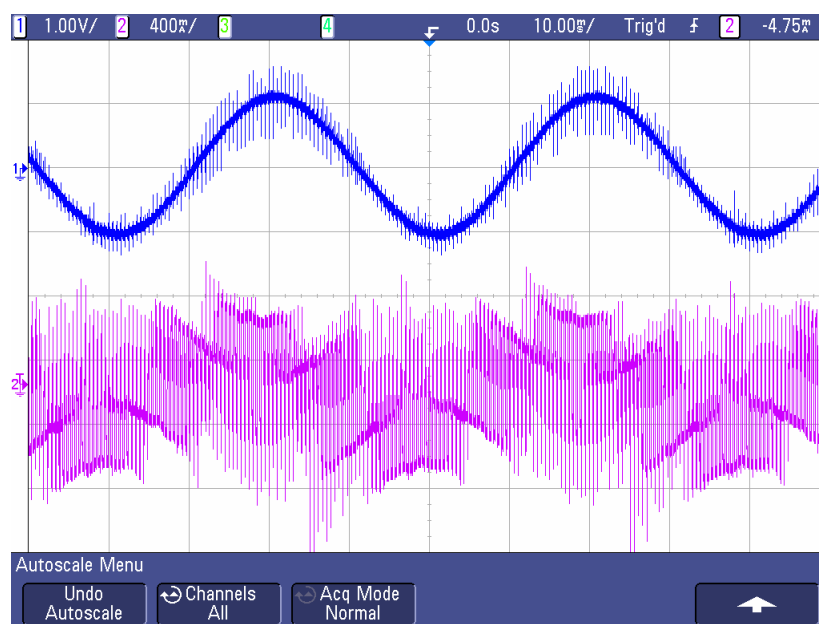
Obr. č.20



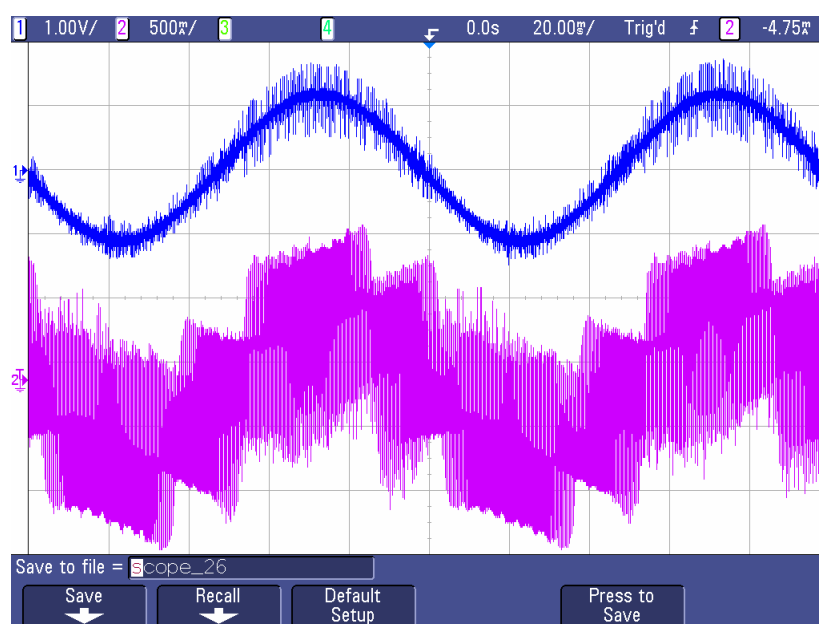
Obr. č.21



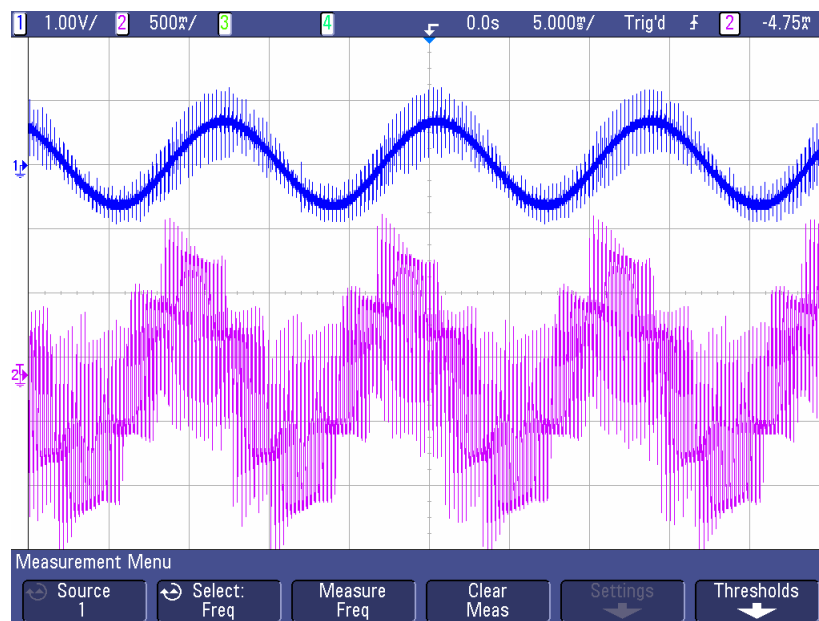
Obr. č.22



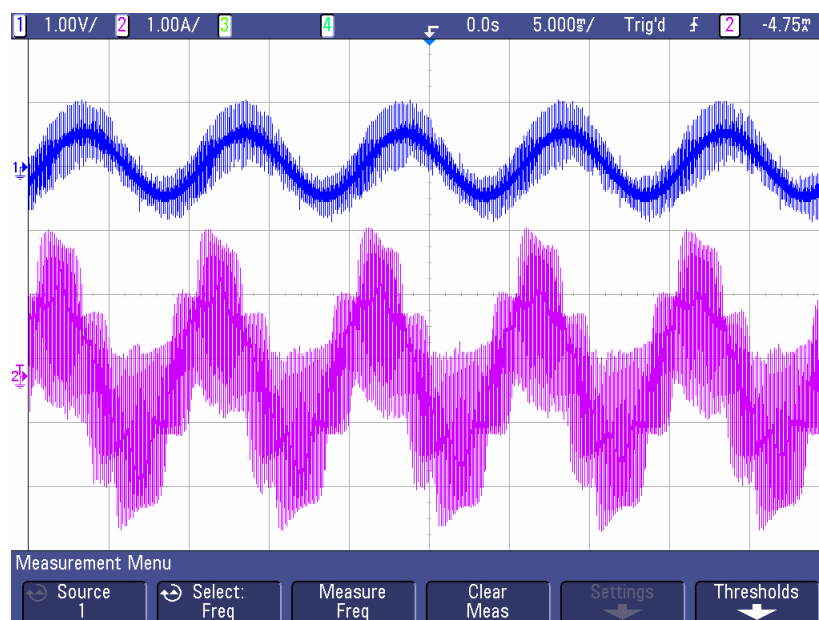
Obr. č.23



Obr. č.24



Obr. č.25

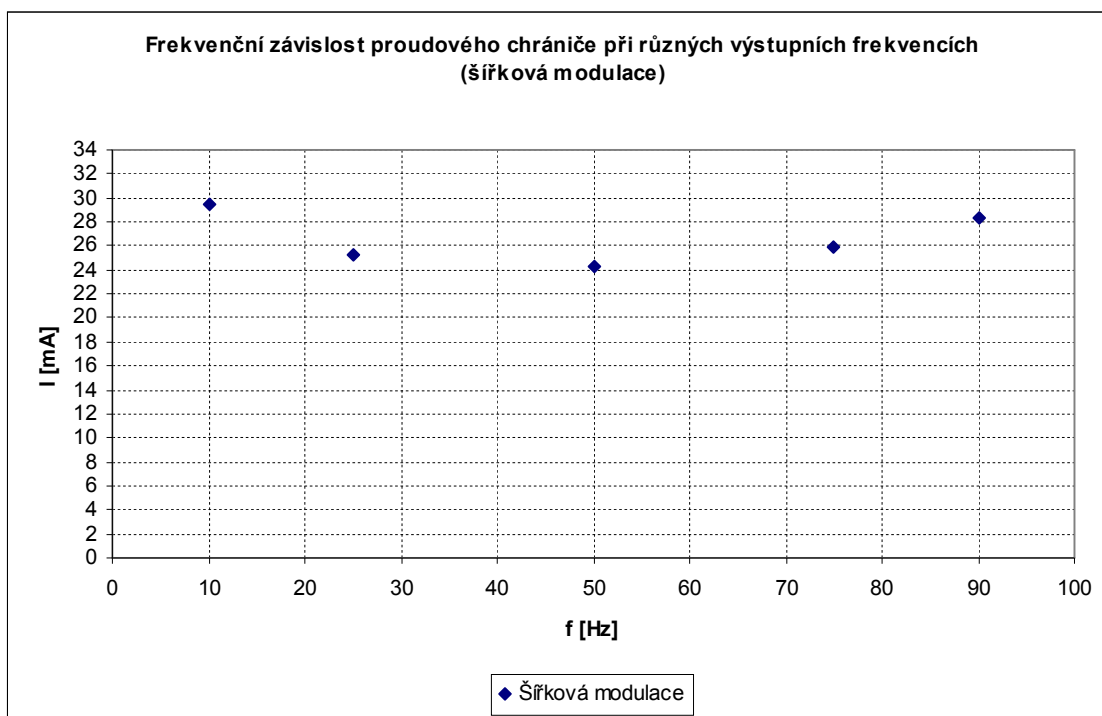


Obr. č.26

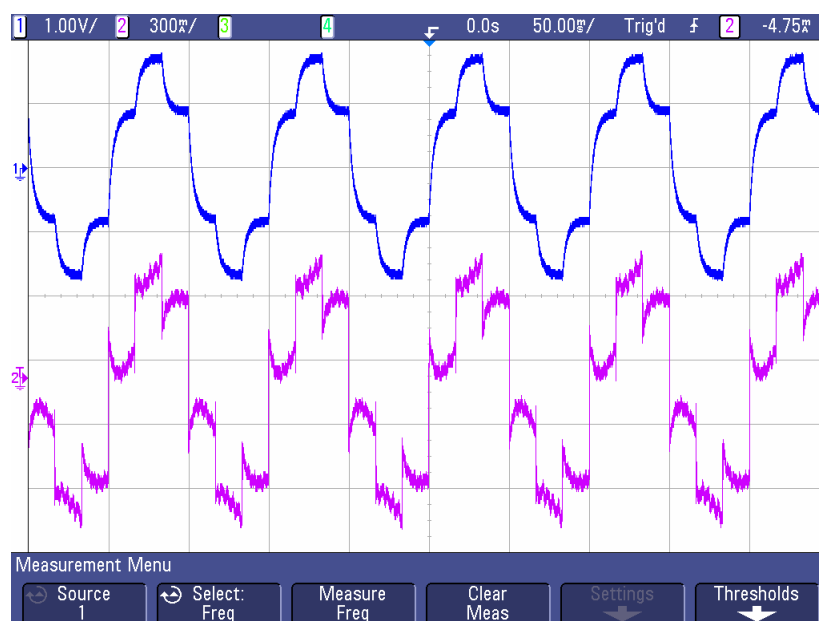
Výsledky pro střídač v režimu šířkové modulace:

Tvary proudů a napětí jsou na obr. č. 27 a 28.

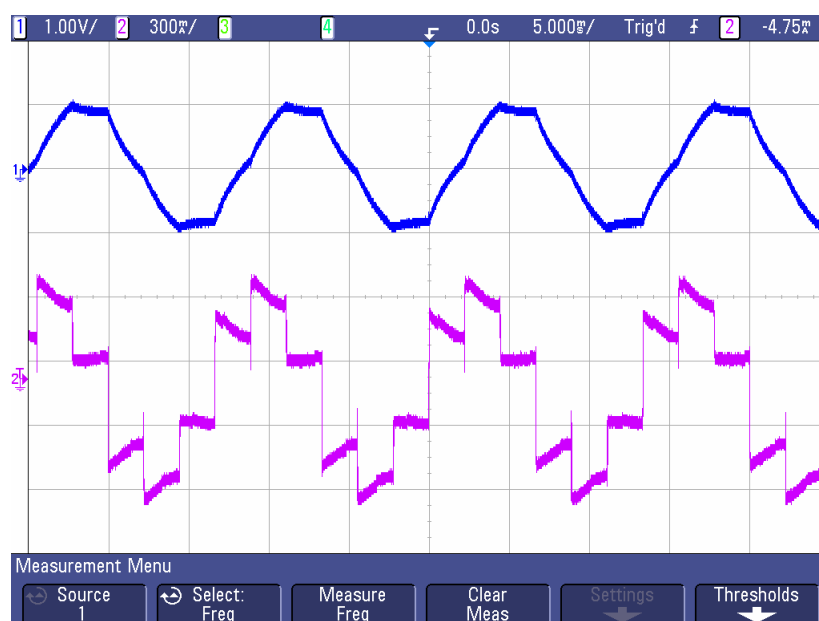
f_{VYST}	$I_{\Delta n}$
[Hz]	[mA]
10	29,40
25	25,18
50	24,24
75	25,88
90	28,36



Graf č. 4 Frekvenční závislost proudového chrániče při různých f_{VYST} (šířková modulace)



Obr. č.27



Obr. č.28

3.1.3 Třetí měření

Abych zjistil skutečné parametry použitého proudového chrániče, provedl jsem třetí kontrolní měření. Pomocí kalibrovaného měřicího přístroje MI 2120 (No.:15049365) jsem naměřil následující hodnoty:

- Impedance smyčky: $Z_{SM} = 0,84 \Omega$
- Dotykové napětí: $U_C = 0,03 V$
- Vypínací čas: $t_{I\Delta n} = 18 ms$
 $t_{5*I\Delta n} = 7 ms$
- Vybavovací proud: $I_{\Delta n} = 25,5 mA$

Měření jsem provedl v souladu s ČSN EN 61557 v systému sítě TN a měřené napětí mělo harmonický (sinusový) průběh. Z měření vyplývá, že skutečné vypínací napětí použitého proudového chrániče je 25,5 mA. Hodnota deklarovaná výrobcem je 30 mA.

3.2 Vyhodnocení výsledků měření

V tabulce č.1 a 2 jsem vyznačil hodnoty, které překračují dovolenou velikost vybavovacího proudu, která činí 30 mA. Konkrétně to jsou hodnoty pro spínací frekvence nad 3 kHz a pro $f_{spínací} = 100 Hz$. V případě regulace výstupní i spínací frekvence se tyto překračující hodnoty pohybují v rozmezí od 2 kHz do 8 kHz a to pro všechny měřené $f_{VYST.}$. Výrazné překročení dovolené hodnoty $I_{\Delta n}$ se pohybuje od 3 do 8 kHz. Zvláštním případem je oblast 100 Hz, kde jsem i po několika ověřovacích měřeních zjistil vyšší vybavovací proudy než 30 mA. Tuto skutečnost přisuzuji vyšším harmonickým. Z uvedeného vyplývá, že tento typ proudového chrániče není vhodný pro aplikace s frekvenčními měniči a střídači.

Cílem této bakalářské práce byla analýza chování proudového chrániče v soustavách s neharmonickými proudy. Konkrétně proudového chrániče s charakteristikou AC, vybavovacím proudem 30 mA a 4 pólové konstrukce. Jak již bylo výše popsáno, z tabulek a grafů lze vidět rozsah proudových špiček, které mají za následek vybavování proudového chrániče. Není žádoucí, aby chránič vybavoval na základě těchto rušivých proudů, proto je nutné zvážit použití v tomto druhu obvodu. Při porovnání měření 1 a 2 s měřením 3 je zřejmé, že nejkritičtějšími frekvencemi jsou hodnoty 100 Hz a od 2 kHz do 8 kHz.

4 Závěr

Z vyhodnocení výsledků je zřejmé, že k největšímu riziku dochází při nesprávné aplikaci tohoto typu proudového chrániče. Zejména v případech, kdy chránič slouží jako doplňková ochrana při ochraně před nebezpečným dotykovým napětím neživých částí, je jeho použití velmi nevhodné. Toto platí pro všechny systémy sítí (TN, TT, IT). Ke stejným rizikům může docházet i v oblastech, kde jsou aplikovány proudové chrániče s vyššími hodnotami vybavovacích proudů $I_{\Delta n}$ (např. 300 mA, 1 A ad.). Příkladem těchto oblastí mohou být například prostředí s nebezpečím požáru či nebezpečím výbuchu (Ex). Pro tyto účely, jak již bylo naznačeno v kapitole 1.5, nabízejí výrobci řadu produktů různých vlastností s cílem zajistit spolehlivou ochranu.

V praxi je nutné pro určení nejvhodnějšího typu proudového chrániče znát co nejvíce podrobností o vlastnostech obvodu, do kterého se bude chránič aplikovat. S těmito informacemi by měl být obeznámen projektant popřípadě revizní technik. Ti pak rozhodují o způsobnosti a bezpečnosti elektrické instalace a o vhodnosti aplikace pro konkrétní případ. Nežádoucí vypínání chrániče v obvodu může být v praxi velmi nebezpečné pro obsluhu, popřípadě může způsobovat vysoké finanční ztráty.

Pro budoucí vývoj proudových chráničů bude důležité zejména jejich vylepšení z hlediska citlivosti na druhy signálů a univerzálnosti použití. Vhodná rovněž bude i snaha zabývat se také myšlenkou lepšího zpracování průběhů proudů, které do chráničů vstupují.

Literatura:

- [1] ŠTĚPÁN, František, Ing. *Proudové chrániče (druhé – doplněné vydání)*. 2. vyd. Praha9-Vinoř : IN-EL, spol. s r.o., 2001. KNIŽNICE ELEKTRO, SVAZEK 55. 183 s. ISBN 80-86230-20-1
- [2] Residual current protective devices
WWW: <http://www.siemens.com/beta>
- [3] Proudové chrániče a reziduální proudy
WWW: http://www.moeller.cz/pdf/tiskoviny_pdf_343.pdf
- [4] Proudové chrániče
WWW: http://www.moeller.cz/produkty-domovni_instalace-instalacni_jistici_pristroje-proudove_chranice
- [5] Jističe, proudové chrániče, motorové spínače
WWW: http://www.schrack.cz/fileadmin/f/cz/SILNOPROUD_KATALOGY_A_TECHNICKE_LISTY/KATALOG_AKTUALIZACE/Jistice/jistice_a_proudove_chranice_2008.pdf
- [6] Datasheet of current transducers CT 0.1 .. 0.4-P
WWW: http://web4.lem.com/docs/products/ct_e.pdf
- [7] Datasheet of current transducer LA 25-NP
WWW: <http://web4.lem.com/docs/products/la%2025-np%20e.pdf>

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha č.1	-	Schéma měření
Příloha č.2	-	Datasheet proudového chrániče Schrack
Příloha č.3	-	Datasheet CT 0.4-P
Příloha č.4	-	Datasheet LA 25-NP